

И.Э. ЯКОВЕНКО канд. техн. наук, НТУ ХПИ,
Е.И. ЯКОВЕНКО, асп., НТУ ХПИ

СИНТЕЗ СТРУКТУР МНОГОИНСТРУМЕНТНЫХ БЛОКОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ КОНЦЕВЫМ ИНСТРУМЕНТОМ.

Дана стаття присвячена розгляду варіантів створення різних інструментальних блоків виходячи з обмежень сумісності інструментів і обмежень по точності оброблюваних поверхонь

This article deals with the design of a different instrument units based on the limited compatibility of tools and limitations on the accuracy of machined surfaces

Концентрация операций является одним из основных методов повышения производительности в машиностроении. Особенно это характерно для обработки различных деталей, чаще всего корпусных, имеющих несколько сторон обработки, каждая из которых содержит конечное число одинаковых или различных соосных поверхностей, которые могут быть обработаны концевым режущим инструментом. В этом случае очень важно сформировать инструментальные блоки таким образом, чтобы они обеспечивали необходимое качество обработки при минимальных затратах связанных с выпуском изделия. Это касается как структуры, так и параметров инструментальных блоков. Вопросам оптимизации параметров инструментальных наладок уделялось достаточно много внимания при организации массового производства, обработки на токарных станках автоматах и автоматических линиях [1,2].

В современных условиях сокращения жизненного цикла выпускаемых изделий, наличия большого числа разнообразных силовых модулей, как новых, так и требующих реинжиниринга агрегатных станков, данная проблема требует учета большего числа факторов, определяющих производительность оборудования и себестоимость выпускаемого изделия. С другой стороны, развитие автоматизации проектно-конструкторских работ позволяет эффективно реализовать модель синтеза структур многоинструментной обработки с достаточно большим числом рассматриваемых параметров.

Задачу синтеза возможных (технически реализуемых) вариантов инструментальных блоков можно сформулировать следующим образом: На основании множества J режущих инструментов, характеризующихся множеством векторов проектных параметров \vec{F} , сформировать множество технически реализуемых вариантов инструментальных блоков K отраженных векторами проектных параметров \vec{Z} , таким образом, чтобы выполнялось множество элементарных технологических переходов, отраженное векторами

проектных параметров \vec{X} , направленных на получение параметров объекта обработки \vec{P} .

В формальной постановке задача записывается в виде:

$$\vec{X}^* = \{ \vec{x}_k \mid \vec{x}_k = f(\vec{P}, \vec{y}_{jk}); \vec{y}_{jk} \in \vec{Y}; F_j(Y, P, U) = \Phi_j \forall k \in K; j \in J \},$$

где \vec{X}^* - множество проектных параметров шпинделей с установленными режущими инструментами; \vec{P} - множество векторов параметров объекта обработки (поверхностей), имеющих общую сторону обработки; $F_j(Y, P, U) = \Phi_j$ - система ограничений, направленная на формирование множества инструментальных блоков.

Очевидно, что для случая одношпиндельной обработки вектор проектных параметров \vec{x}_k тождественен вектору проектных параметров \vec{y}_{jk} . Условием того, что режущие инструменты могут входить в один и тот же инструментальный блок является принадлежность соосных поверхностей, получаемых при обработке каждым инструментом (в том числе и комбинированным), одной обобщенной стороне обработки. При этом обязательно соблюдение условия непересечения выполняемых элементарных переходов каждым из рассматриваемых инструментов блока (классическая задача о наименьшем разбиении).

Объединение нескольких инструментов в инструментальный блок возможно только в случае выполнения системы ограничений, которые можно разделить на две основные группы: геометрические и технологические. Организационные ограничения в данном случае не рассматриваются.

Технологические ограничения рассматриваются в комплексе. Как уже отмечалось выше, синтез многошпиндельной обработки рассматривается только для концевой мерного режущего инструмента. При этом возможна как параллельная, так и последовательная и параллельно-последовательная обработки. Основным ограничением, включающим в себя как точностные характеристики поверхностей, получаемых в результате обработки инструментом, так и возможные искажения точности поверхностей за счет неравномерности нагрузок и деформаций, возникающих на jk -ом шпинделе, является совместимость режущих инструментов по типам при объединении их в инструментальные блоки. Разделение совместимости инструментов в зависимости от последовательности обработки связано с тем, что в процессе последовательной или параллельно-последовательной обработок действия инструментов, а, следовательно, нагрузки и точки приложения их равнодействующей разделены во времени и представляют собой аналог двух отдельных инструментальных блоков, действующих последовательно, что значительно упрощает требования к совместимости инструментов. Частично эти факторы учитываются при рассмотрении объединения инструментов различных типов, а частично в дальнейшем, при анализе геометрических ограничений.

Таблицы совместимости инструментов при объединении в блок составлены на основании анализа эксплуатации многошпиндельных насадок

и коробок агрегатных станков и сложившегося опыта проектирования многошпиндельных инструментальных блоков. В таблице 1 рассмотрена возможность объединения для некоторых однотипных и разнотипных инструментов в блок при выполнении условия

$$\Psi(\vec{f}_{jk}, \vec{f}_{j'}) = 1, \quad \forall (\vec{f}_{jk} \in \vec{F}_{jk}, f_k \in J_k, f' = f_k + 1; f' \in J_k),$$

Таблица 1.

Совместимость концевых режущих инструментов при объединении их в инструментальные блоки

№пп	Тип инструмента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Сверло спиральное	1	1	1	1	1*	1	1*	0	0	0
2	Сверло ступенчатое	1	1	1	1	1*	1	1*	0	0	0
3	Зенкер цилиндрический	1	1	1	1	1	1	1*	0	0	0
4	Зенковка	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
5	Цековка	1*	1*	1	1	1	1	0	0	0	0
6	Зенкер перовой	1	1	1	1	1	1	1*	0	0	0
7	Развертка цилиндрическая	1*	1*	1*	0	0	1*	1	1	0	0
8	Развертка ступенчатая	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
9	Метчик	0	0	0	0	0	0	0	0	1^	1^
10	Плашка	0	0	0	0	0	0	0	0	1^	1^

Примечание: * - допускается совмещение в случае последовательной обработки; ^ - допускается при совпадении шага резьбы или требует дополнительного анализа. Дополнительными рассматриваемыми технологическими параметрами являются ограничения по точности получаемых поверхностей. Значения максимальной и минимальной точности (квалитетов) поверхностей, обрабатываемых k -ым инструментальным блоком, не должны отличаться более, чем на два при параллельной обработке. При последовательной или параллельно-последовательной обработке для поверхностей, получаемых последовательно, допускаются различия на три квалитета:

$$\frac{\max(T_{jk})}{\min(T_{jk})} \leq [T]_k, \quad \forall (f_k \in J_k), \quad \text{где } [T]_k - \text{квалитет поверхности,}$$

получаемый в результате обработки jk -ым инструментом.

Основными геометрическими ограничениями формирования инструментального блока являются: - минимально допустимое межцентровое расстояние между шпинделями;- ограничение по разбросу «вылета инструмента»;- ограничение на разброс диаметров инструментов.

Минимально допустимое межцентровое расстояние между шпинделями объясняется требованием обеспечения нормальной установки подшипников шпинделя и зависит от типа, конструкции и размеров многошпиндельного блока.

$$\min\{L_{jk,p}\} \geq [L_n]_k \quad \forall (j_k \in J_k) \quad j^* = j_k + 1; j^* \in J_k \quad \text{где} \quad L_{jk,p} -$$

межосевое расстояние между соседними инструментами k -го инструментального блока, мм; $[L_n]_k$ - допустимое межосевое расстояние между шпинделями для k -го инструментального блока, мм.

Ограничение по вылету инструмента обусловлено необходимостью регулировки длины вылета шпинделя, патрона и инструмента в определенном диапазоне, а также необходимостью обеспечения жесткости инструментов блока в процессе обработки.

$$[\max\{L_{jk,p} + L_{jk}\} - \min\{L_{jk,p} + L_{jk}\}] > [L_p]_k, \quad \forall (j_k \in J_k),$$

где $L_{jk,p}$ - расстояние от элемента на детали, мешающего перемещению инструментального блока в осевом направлении до точки начала процесса резания, мм; L_{jk} - длина рабочего хода jk -го инструмента, мм;

$[L_p]_k$ - допустимый перепад длин вылета инструмента для k -го инструментального блока, мм. Разброс диаметров инструментов, входящих в инструментальный блок, не должен превышать допустимого значения:

$\frac{\max\{D_{jk}\}}{\min\{D_{jk}\}} \leq [\Delta d]_k, \quad \forall (j_k \in J_k)$, где $[\Delta d]_k$ - допустимое значение перепада диаметров инструментов блока; $\max\{D_{jk}\}$ - максимальный диаметр обработки jk -го инструмента, входящего k -ый инструментальный блок, мм; $\min\{D_{jk}\}$ - минимальный диаметр jk -го инструмента, мм.

Очевидно, что $[L_p]_k$ и $[\Delta d]_k$ зависят от типа инструмента, его размеров и характера объединения в блок (одноименные инструменты или нет). Таким образом, в результате синтеза на основании рассмотренных выше ограничений может быть сформировано множество технически реализуемых вариантов инструментальных блоков, работающих с различными циклограммами движения. В тех случаях, когда возможно назначение двух или более различных типов циклограмм движения, каждый состав инструментов с вариантом циклограммы их совместного движения рассматривается, как отдельный инструментальный блок. При назначении возможных вариантов циклограммы движения инструментального блока необходимо учитывать то, что для некоторых видов обработки допускается назначение только одного конкретного типа циклограммы независимо от всех остальных видов обработки, выполняемых данным инструментальным блоком.

Список литературы: 1. Гильман А.М., Егоров Г.В., Егоров Ю.Б., Ясаков Ю.В. Автоматизированное проектирование оптимальных наладок металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1984. – 168с. ил. 2. Оптимизация режимов обработки на металлорежущих станках/ Гильман А.М. и др. – М.: Машиностроение, 1972. – 188 с.

Поступила в редакцию 4.09.2010